

智能水表智能制造过程质量控制与故障预测研究

陆开洪 梁学柱

宁夏隆基宁光仪表股份有限公司 宁夏 银川 750021

摘要：本论文深度聚焦智能水表智能制造流程，全方位探究质量控制与故障预测相关前沿技术。在质量控制领域，现代传感技术实时监测生产设备、产品加工及环境参数，为质量把控筑牢根基；数据采集与处理技术精准剖析海量生产数据，助力发现潜在质量问题；物联网技术实现信息实时交互，提升质量控制效率与精度。同时，构建故障预测模型，通过特征提取与选择优化模型输入，利用准确率等指标评估并持续优化模型。此外，阐述了相关系统从架构设计、软件开发集成到部署维护的全过程，以及安全与可靠性保障举措。本研究旨在大幅提升智能水表智能制造的质量与可靠性，降低故障概率，为智能水表产业的蓬勃发展提供坚实理论与技术支撑。

关键词：智能水表；智能制造；质量控制；故障预测

引言：伴随物联网技术的迅猛发展和智慧城市建设的稳步推进，智能水表作为智慧水务系统的关键终端设备，市场需求持续攀升。智能水表凭借其精准的用水量计量功能以及无线通信实时数据上传能力，为水务管理部门提供高效、精确的用水信息。然而，智能水表的智能制造涵盖多种复杂技术与工艺，保障产品质量、减少故障成为产业发展的关键问题。质量控制与故障预测技术的有效应用，能够实时监控并优化智能水表生产过程，提前察觉潜在故障隐患，进而提升产品质量与可靠性，降低生产成本与售后维护成本。因此，对智能水表智能制造过程质量控制与故障预测的研究具有重要现实意义。

1 智能水表智能制造过程质量控制技术

1.1 现代传感技术在质量控制中的应用

现代传感技术是智能水表智能制造质量控制根基。生产中，各类传感器各司其职，广泛用于实时监测生产设备运行、产品加工参数及环境参数。压力传感器紧盯水表生产线水压，保障零件加工、装配时水压稳定，避免因水压异常导致的零件变形、装配不牢等质量隐患。温度传感器监测车间环境温度，防止过高或过低温度干扰电子元器件性能与产品整体质量。传感器采集的数据能敏锐捕捉生产细微变化，为质量控制提供精准数据支撑，助力把控产品质量。

1.2 数据采集与处理技术

数据采集与处理技术是达成智能水表智能制造质量控制的关键。生产时，大量数据从传感器、设备及工艺

流程中涌现。数据采集系统将分散数据收集整理，借有线或无线通信网络传输至处理中心。在中心，运用先进算法清洗、转换并分析数据。比如，统计过程控制（SPC）技术分析关键质量特性数据，绘制控制图，依图上数据点分布判断生产稳定性，及时揪出潜在质量波动。机器学习算法如支持向量机（SVM）对数据分类、预测，识别质量问题因素，为质量改进明确方向。

1.3 物联网（IoT）技术在质量控制中的集成

物联网技术让智能水表生产各环节紧密相连，极大提升质量控制效率与精度。借助它，生产设备可实时上传运行参数与状态，方便管理人员远程监控，快速察觉设备故障。产品在生产线的流转信息也能实时追踪，从原材料入库到成品出厂全程透明化管理。像智能水表组装时，零部件嵌入射频识别（RFID）标签，利用物联网可实时获取装配信息，一旦质量出问题，能迅速溯源，及时采取有效解决措施，保障产品质量。

2 智能水表智能制造过程质量控制体系构建

2.1 质量控制体系框架设计

健全的质量控制体系框架，是智能水表智能制造质量的核心保障。其贯穿从原材料采购到售后服务的全生命周期。采购阶段，构建严格的供应商评估体系，从源头把控原材料质量，确保其契合生产标准。生产加工时，依据工艺流程细分不同阶段，每个阶段都设定清晰的质量目标与控制标准，让生产过程有序推进。检验环节，制定详尽计划与标准，综合运用外观检验、性能测试、可靠性试验等多种手段，全方位检测产品质量。售后搭建客户反馈机制，及时收集客户使用问题，为产品质量持续改进提供有力依据，借此闭环框架实现对生产全程的高效质量管控。

作者简介：陆开洪，男，汉，1988年10月7日，云南祥云，本科，北方民族大学，2011年6月，电气工程及其自动化，初级工程师、智能仪表智能制造。

2.2 关键质量控制点的识别与监控

精准识别关键质量控制点,是把控智能水表质量的关键一步。这些控制点对产品质量起着决定性作用,需经深入的工艺分析与历史数据统计来确定。以芯片焊接环节为例,焊接温度、时间及压力等参数,直接影响芯片焊接质量,属于关键控制点。通过配备高精度传感器实时监测,借助自动化控制系统精准调节相关参数,保证关键质量控制点始终稳定受控。同时,建立预警机制,一旦监测数据超出预设控制范围,系统即刻发出警报,提醒操作人员及时调整,有效预防质量问题的发生。

2.3 质量追溯与反馈机制

质量追溯与反馈机制,是质量控制体系不可或缺的部分。借助物联网、条形码、二维码等先进技术,搭建质量追溯系统,详实记录生产中的原材料批次、生产设备、人员信息、生产时间及检验数据等。一旦产品出现质量问题,能迅速通过追溯系统查询生产全过程,精准定位问题根源。并将问题及时反馈给生产、研发、供应商等相关部门,各方协同合作,分析问题并优化工艺与设计,提升产品质量。该机制不仅能解决当下质量问题,还能通过对质量数据的深度剖析,为预防未来问题积累宝贵经验。

3 智能水表故障预测技术研究

3.1 故障预测模型构建

构建有效的故障预测模型是实现智能水表故障预测的关键。故障预测模型通常基于智能水表运行过程中的历史数据以及实时监测数据构建。常见的故障预测模型包括基于机器学习的模型和基于深度学习的模型。基于机器学习的模型如神经网络(NN)、决策树(DT)等,通过对大量历史数据的学习,建立数据特征与故障之间的映射关系,从而预测未来可能发生的故障。基于深度学习的模型如长短期记忆网络(LSTM),能更好地处理时间序列数据,捕捉智能水表运行过程中的动态变化特征,提高故障预测的准确性。在构建故障预测模型时,需对模型结构、参数进行优化,以提升模型性能与泛化能力。同时,结合智能水表的工作原理与故障机理,合理调整与改进模型,使其更契合实际应用需求。

3.2 故障特征提取与选择

故障特征提取与选择是影响故障预测模型性能的重要因素。在智能水表运行过程中,采集的数据包含大量信息,但并非所有信息都与故障相关。因此,需要从原始数据中提取能够有效表征故障的特征参数。故障特征提取方法包括时域分析方法、频域分析方法以及时频域分析方法等。通过对智能水表运行过程中的电流信号进

行时域分析,可提取均值、方差、峰值等特征参数;通过频域分析,可获取信号的频率成分与功率谱等特征。在提取大量故障特征后,需采用特征选择算法筛选这些特征,去除冗余与不相关特征,选择最具代表性的故障特征作为故障预测模型的输入。常见的特征选择算法包括过滤法、包装法以及嵌入法等。通过合理的故障特征提取与选择,能够降低故障预测模型的复杂度,提高模型训练效率与预测准确性。

3.3 故障预测结果的评估与优化

对故障预测结果进行评估与优化是确保故障预测技术有效性的重要环节。故障预测结果的评估指标包括准确率、召回率、F1值等。通过将故障预测模型的预测结果与实际故障情况对比,计算这些评估指标,评估模型性能。若评估结果不理想,则需对故障预测模型进行优化。优化方法包括调整模型结构与参数、增加训练数据量、改进故障特征提取与选择方法等。还可采用集成学习方法,组合多个故障预测模型,综合利用各模型优势,提高故障预测结果的准确性与可靠性。此外,随着智能水表运行数据的不断积累,定期更新与优化故障预测模型,使其能适应智能水表运行状态的变化,保持良好的故障预测性能。

4 智能水表智能制造过程质量控制与故障预测系统的实现

4.1 系统架构设计

智能水表智能制造过程质量控制与故障预测系统的架构设计,要兼顾功能、性能及可扩展性,采用分层设计。涵盖数据采集层,借传感器等采集生产与运行数据;数据传输层,利用有线或无线通信传输数据至处理层;数据处理层,运用算法与模型处理分析数据;应用层,提供质量控制、故障预测等功能;用户界面层,为不同用户提供操作界面。分层架构使系统各部分功能明确、协同运作,高效达成质量控制与故障预测目标。

4.2 软件开发与集成

软件开发是实现智能水表智能制造过程质量控制与故障预测系统的关键环节。在软件开发过程中,采用先进的软件开发技术与工具,如面向对象编程技术、数据库管理系统等。针对系统的不同功能模块,开发相应软件程序。开发数据采集软件实现对生产数据与运行数据的实时采集与传输;开发数据处理软件实现对数据的清洗、分析与挖掘;开发故障预测软件实现故障预测模型的运行与结果输出;开发质量追溯软件实现质量追溯功能等。软件开发完成后,需对各个软件模块进行集成测试,确保各模块之间无缝协作,数据交互准确无误。同

时,将开发好的软件系统与智能水表生产设备、智能水表产品集成,实现系统与实际生产过程的深度融合。

4.3 系统部署与运行维护

系统部署是将开发好的智能水表智能制造过程质量控制与故障预测系统安装到实际生产环境中。在部署过程中,需依据生产现场的网络环境、硬件设备等情况,合理配置系统的服务器、网络设备等。同时,对系统进行初始化设置,包括用户权限设置、参数配置等。系统运行维护是确保系统长期稳定运行的重要保障。建立完善的系统运行维护制度,安排专业技术人员对系统进行定期巡检、故障排查与修复。及时更新系统软件版本,优化系统性能,确保系统能适应智能水表生产过程中的变化以及新的业务需求。同时,对系统运行过程中产生的数据进行备份与管理,防止数据丢失,为质量控制与故障预测提供可靠数据支持。

5 智能水表智能制造过程中的安全与可靠性保障

5.1 安全威胁与风险分析

在智能水表智能制造过程以及智能水表运行过程中,面临多种安全威胁与风险。在智能制造过程中,网络攻击可能导致生产数据泄露、生产设备失控等问题。黑客入侵生产网络,可能窃取智能水表的设计图纸、生产工艺数据等商业机密信息,或篡改生产设备控制参数,致使产品质量下降甚至引发生产事故。在智能水表运行过程中,安全威胁包含数据传输安全、用户隐私安全等。智能水表通过无线通信网络上传数据,可能遭遇数据劫持、篡改等攻击,影响数据的准确性与完整性。同时,智能水表采集的用户用水数据涉及用户隐私,若数据泄露,将损害用户权益。因此,需全面分析智能水表智能制造过程中的安全威胁与风险,制定相应安全策略与防护措施。

5.2 安全策略与防护措施

为应对智能水表智能制造过程中的安全威胁,制定一系列安全策略与防护措施。在网络安全方面,采用防火墙、入侵检测系统(IDS)、虚拟专用网络(VPN)等技术,隔离与防护生产网络,防止外部非法网络访问。加强网络访问控制,对不同用户设置不同权限,确保只有授权人员能够访问相关生产数据与设备。在数据安全方面,采用数据加密技术,对智能水表生产数据以及运行数据进行加密存储与传输,保障数据的保密性与完整性。建立数据备份与恢复机制,定期备份重要数据,防

止数据丢失。在用户隐私保护方面,制定严格的数据管理制度,明确用户数据的使用范围与权限,确保用户数据不被滥用。同时,采用匿名化技术等手段处理用户数据,保护用户隐私。

5.3 可靠性测试与验证

可靠性测试与验证是确保智能水表产品质量与性能的重要环节。在智能水表生产过程中,对生产设备、生产工艺以及产品进行可靠性测试。采用加速寿命试验、环境应力筛选试验等方法,模拟智能水表在实际使用过程中可能面临的各种环境条件与工作负荷,评估产品的可靠性。通过分析测试数据,找出产品设计与生产过程中的薄弱环节,采取改进措施,提高产品可靠性。在智能水表产品出厂前,进行严格的可靠性验证,确保产品能满足实际使用要求。同时,在智能水表投入市场后,建立产品质量反馈机制,收集用户使用过程中反馈的可靠性问题,持续改进产品,提高产品的可靠性与用户满意度。

结语

智能水表智能制造中的质量控制与故障预测技术,对提升产品质量、降低故障率、提高生产效率及保障运行安全至关重要。通过应用现代传感、数据处理、物联网等技术,构建全面的质量控制体系,深入研究故障预测,实施有效系统,并强化安全可靠,可推动智能水表产业向高质量、智能化迈进。但随技术创新与场景复杂化,仍面临提高预测准确性、应对新安全威胁等挑战。未来需持续研究,完善技术体系,满足产业发展需求。

参考文献

- [1] 郑芬. 智能水表应用过程中存在的问题与解决方案[J]. 水资源保护, 2007, (6): 61-63+67.
- [2] 蒋伟, 李娜. 基于NB-IoT技术的智能水表系统设计[J]. 电子技术与软件工程, 2019, (24): 23-24.
- [3] 王晓龙, 张晓刚. 基于物联网技术的智能水表远程监控系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2020, (2): 109-112.
- [4] 赵敏, 徐建萍. 基于大数据分析的智能水表故障预测模型研究[J]. 给水排水, 2020, 46(S2): 219-223.
- [5] 凌志浩, 张曦, 张伟. 基于机器学习的智能水表故障预警与诊断系统[J]. 自动化仪表, 2021, 42(1): 51-55.